专题：科技领航黄河三角洲农业高新技术产业示范区高质量发展
S&T Pilots Development of the Yellow River Delta Agricultural High-tech Industry Demonstration Zone

黄河三角洲蓝色农业绿色发展模式与途径的思考

杨红生* 邢丽丽 张立斌

1 中国科学院海洋研究所 海洋生态与环境科学重点实验室 青岛 266071
2 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋生态与环境科学功能实验室 青岛 266237
3 中国科学院海洋大科学研究中心 青岛 266071
4 中国科学院种子创新研究院 武汉 430000

摘要 黄河三角洲位于渤海西部沿海，是陆地与海洋互动最活跃的地区之一，也是我国三大河口三角洲之一。该地区拥有我国暖温带最完整、最广阔、最年轻的湿地生态系统和丰富的生物资源，在调节气候、消减外源污染、恢复水陆生态交错带功能等方面发挥着重要作用。近年来，随着黄河三角洲地区的快速发展，入海水沙持续减少、湿地面积严重萎缩、互花米草入侵等问题日益凸显。文章在总结分析该地区发展现状的基础上，提出了按照“生态保护优先、自然修复为主”“因水制宜”“多元深度融合”“空间布局合理”等发展思路，建立“生态农牧化”“渔旅融合”“渔能融合”“三产融合”等发展模式，以期实现黄河三角洲地区蓝色农业的绿色高质量发展。

关键词 黄河三角洲，蓝色农业，生态农牧化，渔旅融合，渔能融合、三产融合

DOI 10.16418/j.issn.1000-3045.20200107005

黄河三角洲是黄河携带大量泥沙在渤海形成的冲积平原，面积约 5 450 km^2，是我国三大河口三角洲之一，每年以 2—3 km^2 的速度扩展[1]。黄河三角洲地区地处“黄”“蓝”两大国家战略重叠地带，作为“渤海粮仓”农业科技示范工程的重要部分，其拥有未利用土地 3.013×10^7 hm^2，是我国东部沿海后备土地资源最多、开发潜力最大的地区[2]。近年来，黄河三角洲环境、生态、灾害、资源等问题凸显，工农业污染、围海造地、物种入侵、陆源污染和生态环境灾害等导致湿地面积大幅度锐减、生物多样性急剧降低、景观多样化受损、渔业资源枯竭、生态系统严重退化。

从“十五”规划以来，发展黄河三角洲高效生态

* 通讯作者

资助项目：中国科学院科技服务网络计划（STS）（KFJ-STS-ZDTP-049），青岛海洋科学与技术国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室创新团队项目（LMEES-CTSP-2018-1）
修改稿收到日期：2020年2月10日

经济一直被列入国家计划和规划纲要。2019 年 9 月 18 日，习近平总书记就黄河流域生态环境保护和高质量发展发表重要讲话，强调黄河流域要加强生态环境保护，指出“下游的黄河三角洲是我国暖温带最完整的湿地生态系统，要做好保护工作，促进河流生态系统健康，提高生物多样性”。“蓝色农业”[3]①是大农业的重要组成，也是国民经济和社会发展的一部分，在黄河三角洲资源利用、效益提升、可持续发展等方面可发挥重要作用。2019 年 2 月，中央一号文件明确表示：合理确定内陆水域养殖规模，压减近海、湖库过密网箱养殖，推进海洋牧场建设，规范有序发展远洋渔业。因此，在黄河三角洲建立新型蓝色农业发展新模式十分迫切。

1 黄河三角洲蓝色农业绿色发展的必要性

水利是农业的命脉，短缺的淡水资源制约着黄河三角洲地区传统农业的发展，探索新型农业发展模式势在必行。而人类活动影响严重、环境污染加剧造成的环境问题、生物资源问题等更凸显了蓝色农业绿色发展之路的必要性。加之黄河三角洲面临的互花米草（*Spartina alterniflora* Loisel）生态入侵威胁问题，使得该地区发展蓝色农业十分迫切。

1.1 淡水资源短缺

黄河三角洲生态系统独具特色、地理位置优越，具有发展高效生态经济、实现蓝色农业绿色发展的良好条件。而水资源供应则是黄河三角洲长期可持续发展过程中的重要一环。近年来，黄河三角洲地区水资源贫乏，地区水资源空间、时间分布不均，水体污染严重等问题凸显。例如，该地区水资源空间分布呈现中部低、东西部高的特点，且该地区多年平均降水量为 600 mm，仅夏季就占到 70%，这些成为困扰黄河三角洲地区发展的重要因素[4]。黄河三角洲地区的水资源主要有地下水、降水和客水。目前，地下水开采几近饱和状态；降水量年均变化大并呈逐年下降趋势；作为主要客水的黄河水面临着断流、污染及浪费等问题。同时，多条承载着工业废水的河流汇入、海水入侵、水资源开发利用量加大等，加剧了黄河三角洲的水资源问题。

1.2 人类活动影响严重

黄河三角洲是我国重要的油田开发区、制盐基地、养殖区，人类活动频繁。此外，该地区滨海湿地资源丰富，生态服务价值高。随着围填海活动频发、人类活动影响加剧，滨海湿地景观格局和生态环境都受到了不良影响[5]。近年来，在黄河三角洲滨海地区，养殖开发、港口及油田建设、盐业制造、农田开垦等人类干扰活动强度不断增大，导致该区域岸线蚀退、生态系统退化、淡水资源缺乏、自然灾害加剧等生态环境问题日渐突出，直接威胁黄河三角洲地区土壤生态安全和社会、经济可持续发展[6]。

1.3 环境污染加剧

近年来，经济的快速发展使黄河三角洲地区空气质量急剧恶化，细颗粒物污染事件频发。此外，黄河三角洲所在的东营市由于石油开采业的发展，导致该地区挥发性有机物的排放量增大；与此同时，黄河三角洲靠近渤海，相对湿度也较高，有利于颗粒相水溶性有机碳的生成，加剧空气污染[7]。此外，具有显著生物毒性、多源性、隐蔽性、积累性和长期性的重金属污染，也对黄河三角洲地区动物、植物、人类及生态环境构成了潜在威胁。由于黄河三角洲地区经济社会快速发展，工业、农业、畜牧业和居民生活中产生的大量污染物通过河流进入海域，湿地受重金属污染的形势越来越严峻[8]。

1.4 生态入侵威胁

外来物种入侵已成为全球变化研究的重要问题，

① “蓝色农业”是指在水体中（包括内陆水域和海洋）进行的种植、增养殖和生物资源的深加工与综合利用等人类活动。

因其缺少天敌而具有超强竞争力。例如，互花米草原产于美国大西洋沿岸，繁殖能力强，兼具有性和无性繁殖，且对环境适应及耐受能力很强[9]。从 1990 年开始，互花米草被引入黄河三角洲，而后在盐沼湿地开始迅速繁殖扩散；尤其在近 5 年间，其存在范围不断扩增并呈指数爆发增长，使得盐地碱蓬和芦苇栖息环境向陆向迁徙，造成黄河入海口北侧潮间带互花米草密布区已无其他本土植物存活，严重威胁了黄河三角洲滨海湿地原生生态系统安全[10]。防治入侵物种互花米草对于修复滨海湿地生态环境、保护滩涂物种多样性具有重大意义。

2 黄河三角洲蓝色农业绿色发展理念与思路

2.1 保护优先

黄河三角洲在其发展过程中，须遵守相关生态学原理，坚持保护生态就是保护生产力的理念，强调以自然修复为主，实施“与自然共建”（building with nature）的理念，按照环境承载力与生态保护需求，以功能群构建、重要物种种植、养殖为途径，实行复合增养殖模式，实现良性、可持续发展。① 开展陆-海生态系统修复与生态岸线保护工作，优先开展沿海部分地区的滨海湿地恢复、实现岸线整治、加强海岸线环境监测等工作，为黄河三角洲发展提供良好的环境基础；② 以环境承载力为基础，查明陆海连通性机理和调控途径，确定黄河三角洲的“环境安全底线”“资源利用上线”“生态功能保障基线”；③ 实施不同产业模式的互补，减少对生态系统稳定性的影响，严格按照主体功能区要求规范各类生产活动，优化调整空间布局。

2.2 因水制宜

为了促进黄河三角洲河流生态系统和湿地生态系统健康，必须建立黄河三角洲水资源开发利用红线，“以水而定，量水而行”。按照“共抓大保护、不搞大开发”的要求，明确其资源、环境、生态功能，区分生活、生产和生态用水，合理开发，高效利用，有效保护，科学管理。*① 在水污染防治方面，*对湿地、近海区域推进重点流域水污染治理，强化污染防治，做好入海入河排污口整治工作，严格控制入海污染物总量，建立入海入河排污口名录；按照具体问题具体分析、“一口一策”的原则，对于排查发现的问题排口，落实责任主体，实行分类整治。*② 在水环境保护方面，*推进河、湿地、海水系连通，构建循环通畅、丰枯调剂、蓄泄兼筹、多源互补的现代水网。*③ 在水生态修复方面，*探索淡水、半咸水、海水和废水的生态补水修复模式，约束湿地用水、近海生态系统淡水资源补充，保障黄河河道和入海口自身的生态用水，抓好生态脆弱水域保护与修复，使其重现绿色生机。

2.3 深度融合

黄河三角洲是陆地、海洋、大气相交且相互作用的地区。通过挖掘陆域潜力、延伸河口滩涂湿地功能，实现黄河三角洲现代农牧业陆-海并举、两翼齐飞，实现陆域、海域的无缝对接。坚持陆-海并举、陆-海协调、陆-海互补，发展高效现代农业。① 黄河三角洲的发展，需要明确主要生态功能与环境胁迫因子，统筹各类农牧业活动，实现多元深度融合。由于不同生境特征，黄河三角洲各区域的生态功能和胁迫因素不尽相同，在发展过程中需充分利用不同生境特征，做到合理、有度利用。② 数据已是新型生产要素，并日益成为经济社会发展的新动力源泉。黄河三角洲蓝色农业应大力推进大数据在承载力、环境预测、病害防控等方面的应用，推进智慧农业，实现实时监控、精准管理、远程控制和智能决策，并且运用大数据打通各产业生产、加工、流通等流程，形成可追溯、可查询、可追究的信息闭环。

2.4 布局合理

在黄河三角洲开发与建设过程中，将经济、社会和生态效益相结合，做到产业开发生态化，生态建设产业化，实现“生产、生活、生态”三生一体融合发

展模式。在空间布局的规划设计上多规合一，将主体功能区规划、沿海经济带发展规划、土地利用总体规划、城市总体规划等充分衔接[11]，并且制定适合黄河三角洲区域的生态保护红线比例、环境质量底线、生态风险管控、资源利用上线以及相应的产业退出和准入建议[12]；将黄河三角洲划分为生产、生态及生活三类空间，规划确定三类空间的基础格局，推动形成陆-海协调的总体架构，形成科学、有序的黄河三角洲发展新格局。在陆基区域，优先发展精准养殖业和高效设施农业；在滩涂上开展名贵水产品增养殖；在近海海域开展现代海洋生态牧场建设；同时，拓展现代物流业、水产品加工和海洋旅游业发展。

3 黄河三角洲蓝色农业绿色发展的新模式

黄河三角洲蓝色农业的发展目标是：以生态学理论为基础，科学调整该地区产业结构；坚持创新驱动产业转型升级，构建具有国际竞争力的新型精准农业生产体系；拓展发展空间与布局，实现工程化、机械化、智能化和信息化。具体而言，在海岸带等区域重点实行生态农牧化发展模式，在湿地等区域重点实行渔旅融合发展模式，在可再生能源丰富等区域重点实行渔能融合发展模式；并在发展过程中将各产业融合，实现从单一产业到全产业链再到全产业体系的转变，最终实现黄河三角洲地区的绿色可持续发展。

3.1 生态农牧化模式

黄河三角洲生态农牧场模式应遵循海岸带生态农牧场构建理念，即基于生态学原理，利用现代工程技术，陆-海统筹构建盐碱地生态农场、滩涂生态农牧场和浅海生态牧场，营造健康的生态系统，而形成的“三场连通”和“三产融合”的海岸带保护和持续利用新模式[13]。*① 在盐碱地生态农牧场中*，林草复合模式可显著改善土壤理化性能，增加土壤孔隙度和贮水量，提高土壤速效养分含量和微生物数量。例如，白蜡+柽柳+紫花苜蓿的种植模式被证明对黄河三角洲滨海盐碱地的综合改良效应较佳[14]。此外，开展菊芋、田菁种植，实现牧草-畜牧种养、稻-鱼-蟹共生等生态模式，开展生物制品精深加工和中草药开发。*② 在滩涂生态牧场中*，进行互花米草控制与生境重建，实现柽柳-苁蓉种植、光滩畜禽养殖、海产动物健康苗种培育、蔬菜-海珍品种养、滩涂贝类资源养护与清洁生产，开展保健品开发和动物食品精深加工。*③ 在浅海生态牧场中*，进行牡蛎礁、海草床保护与修复，渔业资源修复与利用，以及开展功能肥料开发和海珍品精深加工。

3.2 渔旅融合发展模式

为了延长黄河三角洲蓝色农业发展的产业链：① 可选择基础设施条件较好的区域，以发展黄河三角洲休闲渔业为建设目标，开展高值经济鱼类增殖放流，配建陆基或船基旅游保障单元和海上旅游，适度发展游钓渔业、潜水观光等旅游产业；② 开展海草（藻）床、牡蛎礁生态系统养护，集鱼型人工鱼礁区建设，以及景观型人工鱼礁布放，养护恢复鱼类资源；③ 建立湿地文化馆、鸟类博物馆等，科普黄河三角洲湿地现状，以及丹顶鹤、白头鹤、白鹳、金雕等鸟类知识，推广特色文化；④ 设置旅游集散中心，开展主题游、团队游等个性化旅游服务。

3.3 渔能融合发展模式

习近平总书记指出，要保护海洋生态环境，着力推动海洋开发方式向循环利用型转变。国家海洋局《关于进一步规范海上风电用海管理的意见》中明确，坚持集约节约用海，提高海域资源利用效率。黄河三角洲与海上风电、太阳能发电、波浪能发电融合发展正是集约节约用海，生态和效率并举的可持续发展模式[15-18]。目前，离岸可再生能源行业仍处于起步阶段，且存在监管复杂性及能源开发技术发展不完善等问题，但通过转换以风能、太阳能、波浪能和潮汐能等形式存储的能量，可满足渔业不断增长的能源需求[19]。为了实现风能、太阳能、波浪能等可再生能源

高效合理利用：① 建立可再生能源观测系统，针对资源评估结果合理选址、立体化布局，将风电场的建设与水产养殖场、生态牧场、游钓渔业相融合；② 建设风力提水系统，改善渔业发展用水及土地盐碱化；③ 针对可再生能源的随机性、爆发性、不稳定性等问题，实施设备技术创新，开发风、光、潮互补发电系统，实现渔能融合发展。

3.4 三产融合发展模式

传统的黄河三角洲农牧场开发均以滨海种植和滩涂增养殖为主，结构单一，效率低下。未来的黄河三角洲蓝色农业需要拓展发展空间，构建以农牧渔业为代表的第一产业、精深加工业为代表的第二产业和以文化旅游业为主的第三产业，并实现“三产融合”。这既可以提高生态服务价值，同时有利于生态环境的维持和改善。*① 第一产业方面，*因地制宜在黄河三角洲进行生态农牧渔业推广，促进区域种植业结构优化调整。例如，开发利用东营市的盐碱低产田，发展杂粮种植，并开发利用其食药同源、粮饲兼用等特点。*② 第二产业方面，*发展精深加工，降低水产和滨海种植农牧产品的运输成本，增加农牧场的产品附加值。例如，通过对黄河三角洲本地种花鲈（*Lateolabrax japonicus*）进行辐照并采用超高压处理、低温贮藏、保鲜剂使用等方法，可实现花鲈高品质保存并减低能耗。*③ 在第三产业方面，*发展旅游业，结合生态修复项目拓展生态化旅游和休闲渔业等项目，有效支撑农牧场产业体系。例如，在黄河口生态旅游区、红滩湿地滨海公园、东营海红港旅游区等建立特色动植物博物馆，开展文化科普并加强生态保护宣传。

4 黄河三角洲蓝色农业绿色发展原理与技术

4.1 陆-海连通性机理

黄河三角洲生态系统的陆-海生态连通性在生物资源保护、生物多样性维护、濒危种群恢复和重建等方面发挥重要作用。陆-海连通性是指通过生物、水文、地质和地球化学过程实现浅海区域—潮间带—陆地的耦合联通[13]。目前，相对独立发展的盐碱地农业和渔业发展模式已无法满足现代农业的发展要求，亟须查明陆-海连通性影响机制和调控途径，并采用新设施和新工程技术建立基于生态系统管理理念的生态农牧场模式。黄河三角洲蓝色农业需高效利用近海滩涂并恢复黄河三角洲生态功能，在强调陆-海统筹的前提下科学规划，通过开展海产动物健康苗种培育、互花米草控制与生境重建、光滩畜禽养殖、精深加工和生态旅游等方式，最终实现绿色高效发展。

4.2 承载力评估技术

科学评估黄河三角洲蓝色农业发展的承载力，推动绿色发展模式。其中，生态承载力是总体要求，环境承载力是基础，生物承载力为重要抓手。通过科学合理的精准管控，提高黄河三角洲的承载力，提高经济发展的质量和效益。调控增养殖区域内关键环境指示种及修复种的承载力，有效保护和修复生态环境。将环境保护、资源养护、高效生产和休闲渔业相结合，实现“生态优先、陆海统筹、三产贯通”。通过科学的调研规划及精准到位的实施管理，实现黄河三角洲现代化和健康可持续发展。以东营市海岸带为例，通过水质监测数据、湿地遥感解译、社会经济数据统计，明确其承载力现状及发展趋势，保持生态、环境优势的同时，发展特色生态旅游业，增强港口优势，精准推动区域内的绿色发展。

4.3 监测与修复技术

实施黄河三角洲生态系统监测，为评价、预测人类活动对生态系统的影响提供参考，也为该区域自然资源合理利用、生态环境改善等政策的制定提供依据[20-22]。黄河三角洲是黄河泥沙淤积形成的扇形冲积平原，处于由海洋向陆地的过渡地带。河流摆动、海岸侵蚀、河口淤积、植被演替、土壤发育等自然演变过程具有典型性和独特性，是进行生态环境监测研究的理想区域[23]。当前应研发黄河三角洲多源数据融

合、同化与数据挖掘及标准化模型方法，融合人工智能、知识工程等技术，动态监测黄河三角洲区域内水资源、水环境、工业废水、能源碳排放、土地资源、湿地生态系统、动植物种类和数量、自然灾害、生物入侵等问题，构建现代科学方法和技术智能管理系统，探索其生境变化规律并进行环境安全预警，对于受污染区域、被破坏植被等进行定点修复，并为黄河三角洲蓝色农业发展提供数据支撑。

4.4 蓝色农业种业技术

蓝色农业种业是指针对性地对水产生物遗传资源进行分类研究，按类别建库保存，形成较为完整的海洋水产生物遗传资源研究和管理体系。未来黄河三角洲种业发展需针对中华绒螯蟹、刺参、花鲈、文蛤等重要物种种质资源加强保护和利用的基础研究，并开展生长、抗病、抗逆等经济性状的生物学基础研究；解决本土种质资源的保护与挖掘利用、种质资源评价利用和育种材料构建等基础工作薄弱问题；建立适于黄河三角洲生物资源丰富、遗传多态性高等特点的分子育种技术平台；建设完善育繁推一体化体系。

4.5 动植物绿色养殖技术

必须发展适合黄河三角洲的动植物绿色养殖技术，注重黄河三角洲重要养殖对象——中华绒螯蟹、刺参、花鲈、文蛤、凡纳滨对虾等重要养殖对象的精准营养需求，提高饲料加工工艺水平、安全性和利用效率；强化养殖过程监管，注重新发疫病基础研究、生物安保防控技术开发和新型疫苗创制等；提升集约化养殖科技含量，实现养殖机械化、自动化、智能化；遵循绿色发展原则，实现环境友好，强调生态系统完整性、协调性和多方参与生态系统管理；立足生态系统水平，科学评估生物承载力，示范推广生态综合增养殖模式。

4.6 产品精深加工技术

建立产品“初加工—中加工—精深加工”的完整产业链，是提高黄河三角洲资源利用率的最主要途径[24]。但目前，黄河三角洲的产品精深加工生产装备自动化程度差、能耗和物耗偏高[25]。在发展黄河三角洲蓝色农业的同时，还必须实现资源高效利用模式[26]。例如：开发基于酶工程、发酵工程和生物反应器工程的水产品生物加工装备与新技术；研发水产蛋白制备与改性、水产功能性糖类改性、动物脂质绿色加工及过敏源控制、甲壳素等精深加工等技术；构建全过程精深加工和高效综合利用技术体系。

参考文献

1 刘峰. 黄河三角洲湿地水生态系统污染，退化与湿地修复的初步研究. 青岛: 中国海洋大学出版社, 2015.

2 刘立军, 李玉涛, 刘泽鑫, 等. 基于盐碱地改良的生态循环共生模式构建与示范——以黄河三角洲地区为例. 山东国土资源, 2019, 35(8): 59-63.

3 杨红生. 试论“蓝色农业”的第二次飞跃. 世界科技研究与发展, 1999, 21(4): 77-80.

4 高振斌, 万鹏, 高洁, 等. 黄河三角洲水资源利用问题及对策研究. 水利规划与设计, 2017, (11): 100-101.

5 于淑亭. 黄河三角洲滨海湿地人类活动强度及其生态效应. 青岛: 青岛理工大学, 2018.

6 肖杨. 黄河三角洲人类活动及其土壤盐碱退化效应. 泰安: 山东农业大学, 2018.

7 雒园园. 黄河三角洲地区大气颗粒物中水溶性有机碳污染特征研究. 济南: 山东大学, 2019.

8 宋颖, 李华栋, 时文博, 等. 黄河三角洲湿地重金属污染生态风险评价. 环境保护科学, 2018, 44(5): 118-122.

9 刘明月. 中国滨海湿地互花米草入侵遥感监测及变化分析. 长春: 中国科学院大学（中国科学院东北地理与农业生态研究所）, 2018.

10 乔沛阳. 黄河三角洲入侵植物互花米草物理、化学防治研究. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2019.

11 黄金川, 林浩曦, 漆潇潇. 面向国土空间优化的三生空间研究进展. 地理科学进展, 2017, 36(3): 378-391.

12 石海佳, 许乃中, 张玉环, 等. 基于“生态保护红线, 环境质量底线和资源利用上线”的区域环境管控体系构建思路. 环境, 2018, 40(5): 23-29.

13 杨红生. 海岸带生态农牧场新模式构建设想与途径——以黄河三角洲为例. 中国科学院院刊, 2017, 32(10): 1111-1117.

14 孙佳, 夏江宝, 苏丽, 等. 黄河三角洲盐碱地不同植被模式的土壤改良效应. 应用生态学报, 2020, DOI: 10.13287/j.1001-9332.202004.032.

15 Van Kuik G, Joachim P. Long-term Research Challenges in Wind Energy—A Research Agenda by the European Academy of Wind Energy. Berlin: Springer, 2016.

16 Kumar V, Shrivastava R L, Untawale S P. Solar energy: Review of potential green & clean energy for coastal and offshore applications. Aquatic Procedia, 2015, 4: 473-480.

17 O'Hagan A, Huertas C, O'Callaghan J, et al. Wave energy in Europe: Views on experiences and progress to date. International Journal of Marine Energy, 2016, 14: 180-197.

18 Yates K L, Bradshaw C J. Offshore Energy and Marine Spatial Planning. London: Routledge, 2018.

19 Young M. Building the blue economy: The role of marine spatial planning in facilitating offshore renewable energy development. The International Journal of Marine and Coastal Law, 2015, 30(1): 148-174.

20 李玉英, 余晓丽, 施建伟. 生态监测及其发展趋势. 水利渔业, 2005, 25(4): 62-64.

21 姜必亮. 生态监测. 福建环境, 2003, 20(1): 4-6.

22 谢庆剑, 杨再雍, 李明玉. 生态监测及其在我国的发展. 广西轻工业, 2008, 24(8): 77-79.

23 张高生, 王仁卿. 现代黄河三角洲生态环境的动态监测. 中国环境科学, 2008, 28(4): 380-384.

24 毛汉英, 赵千钧, 高群. 生态环境约束下的黄河三角洲资源开发的思路与模式. 自然资源学报, 2003, 18(4): 459-466.

25 居占杰, 秦琳翔. 中国水产品加工业现状及发展趋势研究. 世界农业, 2013, (5): 138-142.

26 杨红生, 邢丽丽, 张立斌. 现代渔业创新发展亟待链条设计与原创驱动. 中国科学院院刊, 2016, 31(12): 1339-1346.

Study on Green Development Model and Approach of Blue Agriculture in the Yellow River Delta

YANG Hongsheng* XING Lili ZHANG Libin

(1 Key Laboratory of Marine Ecology and Environmental Sciences, Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;

2 Laboratory for Marine Ecology and Environmental Science, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266237, China;

3 Center for Ocean Mega-Science, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China;

4 The Innovation of Seed Design, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430000, China)

Abstract The Yellow River Delta is located on the west coast of the Bohai Sea. It is one of the regions with the most active interaction between land and ocean, and one of the three major estuary deltas in China. This region has the most complete, the most extensive, the youngest wetland ecosystem and abundant biological resources in China's warm zone. It plays an important role in regulating

* Corresponding author

the climate, reducing exogenous pollution, restoring amphibious ecological ecotone, and other functions. In recent years, with the rapid development of the Yellow River Delta region, problems such as the continuous reduction of inflow seawater and sediment, the serious shrinkage of wetland areas, and the invasion of *Spartina alterniflora* Loisel, have become increasingly prominent. On the basis of summarizing and analyzing the development status of this region, we proposed four development concepts: ecological protection priority, adapt to local water conditions, deep integration of multiple elements, and reasonable spatial layout, then, suggested four development models: ecological farm and ranch, integrated development of fishery and tourism, integrated development of fishery and energy industry, and linkage of three kinds of industrial models, with a view to achieving green development of blue agriculture in the Yellow River Delta.

Keywords the Yellow River Delta, blue agriculture, ecological farm and ranch, integrated development of fishery and tourism, integrated development of fishery and energy industry, linkage of three kinds of industrial models



杨红生 中国科学院海洋研究所和中国科学院烟台海岸带研究所常务副所长、研究员、博士生导师。中国海洋湖沼学会副理事长兼秘书长，中国自然资源学会副理事长。2009年入选“新世纪百千万人才工程”国家级人选和“山东省有突出贡献的中青年专家”，2015年入选“泰山学者”特聘专家。长期从事养殖生态与养殖设施、生境修复与资源养护、刺参生物学与遗传育种等研究。E-mail: hshyang@yic.ac.cn；hshyang@qdio.ac.cn

YANG Hongsheng Received B.Sc. degree from Huazhong Agricultural University of Aquaculture, Wuhan, Hubei, M.Sc. degree from Huazhong Agricultural University of Hydrobiology, and Ph.D. degree from Ocean University of China of Aquaculture, Qingdao, China in 1996. He is currently the Professor, Doctorial Supervisor, and Executive Deputy Director of Institute of Oceanology and Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences (CAS), and the vice president and secretary general of Chinese Society of Oceanology and Limnology, and the vice president of China Society of Natural Resources. He was awarded “New Century Millions of Talents Project” National Candidate in 2010, “Outstanding Contribution Expert of Shandong” in 2010, and “Distinguished Expert of Taishan Scholar” in 2015. He has been focusing on the research in aquacultural ecology and facility, habitat restoration and resource conservation, biology and selective breeding of sea cucumber, etc. E-mail: hshyang@yio.ac.cn; hshyang@qdio.ac.cn

■责任编辑：岳凌生